

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

⑫ **Patentschrift**
⑪ **DE 4003940 C1**

21) Aktenzeichen: P 40 03 940.4-15
22) Anmeldetag: 9. 2. 90
43) Offenlegungstag: —
45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 10. 90

51 Int. Cl. 5:
F04D 29/44

F 03 B 3/18
F 03 D 1/04
F 04 D 27/00
// F01D 9/04

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen
GmbH, 7990 Friedrichshafen, DE

72 Erfinder

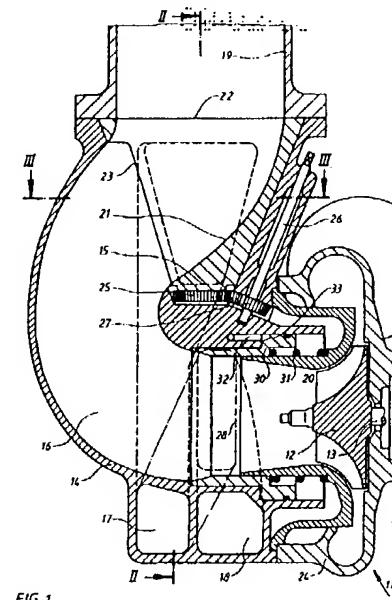
Sudmanns, Hans, 7990 Friedrichshafen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 8 64 512
DE 37 07 723 A1
US 43 89 158

54 Verdichter mit einer Einlaß-Einrichtung zur Beeinflussung der Einlaßströmung

Zwischen einer Ansaugleitung (19) und dem Laufrad-Eintritt (20) des Verdichters (11) ist ein Einlaßkanal-Gehäuse (14) mit drei Einlaßkanälen (16, 17, 18) angeordnet, die bei Beaufschlagung entweder eine drallfreie Anströmung des Verdichter-Laufrades (12) oder eine Drallströmung in Laufraddrehrichtung oder entgegen der Laufraddrehrichtung erzeugen. Die Beaufschlagung der Einlaßkanäle (16, 17, 18) wird durch einen Drehschieber (15) beherrscht, wobei je nach Luftmassendurchsatz des Verdichters (11) ein Einlaßkanal (16, 17, 18) geöffnet ist. Die Einlaß-Einrichtung weist eine geringe Baulänge auf und besitzt bei allen Betriebszuständen eine gute Wirksamkeit.



FIG

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Verdichter mit einer vor dem radial durchströmten Verdichter-Laufrad angeordneten verstellbaren Einlaß-Einrichtung zur Beeinflussung der Einlaßströmung. Solche Einrichtungen dienen dazu, die Förderleistung des Verdichters unterschiedlichen Betriebsbedingungen anzupassen.

Aus der DE 37 07 723 A1 ist ein Verdichter mit einer gattungsgemäßen Einlaß-Einrichtung bekannt geworden. Nachteilig bei dieser bekannten Anordnung ist, daß sich für den Zuströmkanal eine große axiale Baulänge ergibt. Zudem besteht bei Betriebszuständen, die eine neutrale Anströmung des Verdichter-Laufrades erfordern, durch die im Zuströmkanal befindliche Einrichtung ein den Wirkungsgrad des Verdichters verschlechternder Strömungswiderstand. Ferner ist die Wirksamkeit der Drallerzeugung sehr stark vom Massendurchsatz abhängig und gering bei kleinem Massendurchsatz.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, für einen Verdichter eine Einlaß-Einrichtung zur Beeinflussung der Einlaßströmung zu schaffen, die geringe Baulänge und gute Wirksamkeit bei unterschiedlichen Betriebszuständen vereint.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich mit den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 9.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß eine geringe axiale Baulänge der Einlaß-Einrichtung realisierbar ist, daß der Strömungswiderstand der Einlaß-Einrichtung in den drei möglichen Betriebsstellungen etwa gleich groß ist, daß sich bei der Einlaßströmungsführung über den zweiten bzw. dritten Einlaßkanal auch bei geringem Massendurchsatz eine kräftige Drallströmung vor dem Laufrad ergibt und daß die Einlaß-Einrichtung im Bedarfsfall als saugseitiges Absperrorgan des Verdichters verwendbar ist.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachstehend näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 Teil-Längsschnitt eines Verdichters mit einer Einlaß-Einrichtung nach Linie I-I in Fig. 2;

Fig. 2 Querschnitt der Einlaß-Einrichtung nach Linie II-II in Fig. 1;

Fig. 3 Querschnitt der Einlaß-Einrichtung nach Linie III-III in Fig. 1;

Fig. 4 Teil-Längsschnitt eines Verdichters mit einer Einlaß-Einrichtung nach Linie IV-IV in Fig. 5;

Fig. 5 Querschnitt der Einlaß-Einrichtung nach Linie V-V in Fig. 4.

Ein Verdichter 11, 111 mit einem radial durchströmten Verdichter-Laufrad 12, 112 ist von einer nicht dargestellten Antriebeinrichtung über eine Welle 13, 113 in der Drehrichtung 34, 134 antreibbar. Vor dem Laufrad-Eintritt 20, 120 ist eine Einlaß-Einrichtung angeordnet, die aus einem mit dem Verdichter-Gehäuse 24, 124 verbundenen Einlaßkanal-Gehäuse 14, 114 und einem den Zuströmquerschnitt zum Verdichter-Laufrad 12, 112 beherrschenden Drehschieber 15, 115 besteht. Das Einlaßkanal-Gehäuse 14, 114 weist drei unterschiedlich geformte Einlaßkanäle 16, 17, 18 bzw. 116, 117, 118 auf, deren Beaufschlagung vom Drehschieber 15, 115 steuerbar ist.

Der erste Einlaßkanal 16, 116 verläuft zwischen Ansaugleitung 19, 119 und Laufrad-Eintritt 20, 120 mit abnehmendem Querschnitt etwa in einer durch die Laufachse gehenden Ebene.

Zweiter und dritter Einlaßkanal 17, 117 bzw. 18, 118 sind als Spirale mit in Strömungsrichtung abnehmendem Querschnitt ausgebildet, wobei die Windungsrichtungen der beiden Spiralen von zweitem und drittem Einlaßkanal 17, 117 bzw. 18, 118 entgegengesetzt gerichtet sind.

Eine besonders kompakte Bauform der Einlaß-Einrichtung wird erreicht, wenn die Ansaugleitung 19, 119 etwa senkrecht zur Achse des Verdichter-Laufrades 12, 112 angeordnet ist und die Spiralen von zweitem und drittem Einlaßkanal 17, 117 bzw. 18, 118 in einer etwa quer zur Achse des Verdichter-Laufrades 12, 112 stehenden Ebene verlaufen.

Beim Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 bis 3 ist in der Einlaß-Einrichtung der kegelstumpfförmige Drehschieber 15 derart angeordnet, daß er die Einlaßöffnungen der drei Einlaßkanäle 16, 17, 18 beherrscht, wobei seine Drehachse etwa koaxial zur Achse der Ansaugleitung 19 ausgerichtet ist. Ein den Drehschieber 15 durchdringender Kanal 21 besitzt eine mit der Ansaugleitung 19 korrespondierende Zuströmöffnung 22 auf einer Stirnfläche und eine Abströmöffnung 23 auf der Mantelfläche des Drehschiebers 15. Bei drei je um 90° gegenüberliegenden Stellungen des Drehschiebers 15 korrespondiert die Abströmöffnung 23 jeweils mit der Einlaßöffnung eines der drei Einlaßkanäle 16, 17, 18. In einer vierten Stellung des Drehschiebers 15 sind alle drei Einlaßkanäle 16, 17, 18 gegen die Ansaugleitung 19 gesperrt.

Die Verstellung des Drehschiebers 15 erfolgt mit Hilfe eines kegeligen Zahnradsatzes, der das mit dem Drehschieber 15 drehfest verbundene Zahnrad 25 und das treibende, mit einer Welle 26 verbundene Zahnrad 27 aufweist.

Zweiter und dritter Einlaßkanal 17, 18 sind mit ihren einander etwa gegenüberliegenden Mündungsöffnungen 28, 29 an den ersten Einlaßkanal 16 mit Abstand vor dem Laufrad-Eintritt 20 angeschlossen. Ab der Mündungsöffnung 28, 29 von zweitem und drittem Einlaßkanal 17, 18 bis zum Laufrad-Eintritt 20 ist der erste Einlaßkanal 16 kegelig mit abnehmendem Querschnitt ausgebildet.

Die Mündungsöffnungen 28, 29 der Einlaßkanäle 17, 18 sind durch einen axial verschiebbaren, zylindrischen Ringschieber 30 kontrollierbar. Durch eine Feder 31 wird der Ringschieber 30 in einer Stellung gehalten, bei der die Mündungsöffnungen 28, 29 verschlossen sind. Mittels einer Druckleitung 32 ist eine Kolbenfläche 33 des Ringschiebers 30 mit Druck beaufschlagbar. Bei Druckzufuhr ist der Ringschieber 30 gegen die Kraft der Feder 31 in eine variierbare Offenstellung bringbar.

Die Wirkungsweise der zuvor beschriebenen Einlaß-Einrichtung nach Fig. 1 bis 3 ist wie folgt: Bei Betrieb des Verdichters 11 mit einer Antriebsleistung für die sich entsprechend Massendurchsatz und Druckverhältnis ein Betriebspunkt im Verdichterkennfeld einstellt, der der Optimalauslegung nahekommt, befindet sich der Drehschieber 15 in der Betriebsausgangsposition (siehe Fig. 3). Die Stellung des Drehschiebers 15 ist dann so, daß die vom Verdichter-Laufrad 12 angesaugte Luft aus der Ansaugleitung 19 über den Kanal 21 in den Einlaßkanal 16 strömt und drallfrei in das Verdichter-Laufrad 12 eintritt.

Der Betrieb des Verdichters 11 mit verminderter Antriebsleistung bewirkt eine Verringerung des Massendurchsatzes und eine Verkleinerung des Druckverhältnisses. Der Betriebspunkt im Verdichterkennfeld verschiebt sich dabei in einen Bereich schlechteren Wir-

kungsgrades, niedrigerer Drehzahl und näher zur Grenze eines instabilen Förderverhaltens. In einem solchen Fall erfolgt eine Verstellung des Drehschiebers 15 so, daß bei der angegebenen Drehrichtung 34 die vom Verdichter-Laufrad 12 angesaugte Luft aus der Ansaugleitung 19 über den Kanal 21 in den Einlaßkanal 17 gelenkt wird. Der Ringschieber 30 ist in diesem Fall durch Druckbeaufschlagung der Druckleitung 32 in einer Stellung, die zumindest eine teilweise Freigabe der Mündungsöffnung 28 bewirkt. Die Windungsrichtung der Spirale von Einlaßkanal 17 entspricht der Drehrichtung 34.

Die über die Mündungsöffnung 28 in den Einlaßkanal 16 austretende Luftströmung erzeugt im kegelförmigen Abschnitt vor dem Laufrad-Eintritt 20 eine Drallströmung mit einem der Drehrichtung 34 des Verdichter-Laufrades 12 entsprechenden Drehzinn 35. Dieser sogenannte "Mitdrall" bewirkt eine Verminderung der resultierenden Anström-Geschwindigkeit der Luft auf die Verdichterschaufeln und korrigiert die resultierende Anströmrichtung etwa auf den der Optimalauslegung zugrundeliegenden Wert. Die Verstellung der Einlaß-Einrichtung auf "Mitdrall" bewirkt, daß das gesamte Verdichterkennfeld eine Parallelverschiebung etwa entsprechend der eingetretenen Betriebspunktverlagerung erfährt. Auf diese Weise arbeitet der Verdichter 11 auch im Betriebszustand verminderter Antriebsleistung bei optimalem Wirkungsgrad im stabilen Betriebsbereich und etwa gleichbleibender Drehzahl.

Eine steigende Antriebsleistung bewirkt am Verdichter 11 einen erhöhten Massendurchsatz mit höherem Druckverhältnis. Im Verdichterkennfeld verschiebt sich der Betriebspunkt in einen Bereich schlechteren Wirkungsgrades und höherer Drehzahl. Hierbei kann die für das Verdichter-Laufrad 12 zulässige Grenzdrehzahl erreicht oder überschritten werden, was betriebsgefährdend wäre. In diesem Fall wird der Drehschieber 15 in die Position gedreht, bei der die vom Verdichter-Laufrad 12 angesaugte Luft aus der Ansaugleitung 19 über den Kanal 21 in den Einlaßkanal 18 gelenkt wird. Durch Druckbeaufschlagung der Druckleitung 32 befindet sich der Ringschieber 30 in einer Stellung, die zumindest eine teilweise Freigabe der Mündungsöffnung 29 bewirkt.

Die Windungsrichtung der Spirale von Einlaßkanal 18 verläuft entgegen der Drehrichtung 34. Die über die Mündungsöffnungen 29 in den Einlaßkanal 16 austretende Luftströmung erzeugt im kegelförmigen Abschnitt vor dem Laufrad-Eintritt 20 eine Drallströmung mit einem der Drehrichtung 34 des Verdichter-Laufrades 12 entgegengerichteten Drehzinn 36. Dieser sogenannte "Gegendrall" bewirkt eine Vergrößerung der resultierenden Anströmgeschwindigkeit der Luft auf die Verdichterschaufeln und korrigiert die resultierende Anströmrichtung etwa auf den der Optimalauslegung zugrundeliegenden Wert. Die Verstellung der Einlaß-Einrichtung auf "Gegendrall" bewirkt wiederum eine Parallelverschiebung des gesamten Verdichterkennfeldes entsprechend der eingetretenen Betriebspunktverlagerung. Der Verdichter 11 arbeitet dann auch im Betriebszustand erhöhter Antriebsleistung bei optimalem Wirkungsgrad ohne betriebsgefährdenden Drehzahlanstieg.

Die Intensität von "Mitdrall" bzw. "Gegendrall" ist durch Zwischenstellungen des Ringschiebers 30 zwischen ganz zu und ganz offen beeinflußbar.

Für die koordinierte Steuerung von Drehschieber 15 und Ringschieber 30 ist eine nicht dargestellte Steuerungseinrichtung vorgesehen, die mittels geeigneter, auf

Betriebsgrößen ansprechender, Sensoren beeinflußbar ist.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel nach den Fig. 4 und 5 ist in der Einlaß-Einrichtung der zylindrische Drehschieber 115 derart angeordnet, daß er die Mündungsöffnungen der drei Einlaßkanäle 116, 117, 118 beherrscht, wobei seine Drehachse etwa koaxial zur Achse des Verdichter-Laufrades 112 ausgerichtet ist. Ein den Drehschieber 115 durchdringender Kanal 121 besitzt eine mit den Mündungsöffnungen der Einlaßkanäle 116, 117, 118 zusammenwirkende Zuströmöffnung 122 auf der Mantelfläche und eine Abströmöffnung 123 auf einer Stirnfläche des Drehschiebers 115, die unmittelbar vor dem Laufrad-Eintritt 120 mündet. Bei drei je um 90° gegeneinander versetzten Stellungen des Drehschiebers 115 korrespondiert die Zuströmöffnung 122 jeweils mit der Mündungsöffnung eines der drei Einlaßkanäle 116, 117, 118. In einer vierten Stellung des Drehschiebers 115 sind alle drei Einlaßkanäle 116, 117, 118 gegen den Laufrad-Eintritt 120 gesperrt.

Die Verstellung des Drehschiebers 115 erfolgt mit Hilfe eines nicht dargestellten geeigneten Drehantriebes, der am Zapfen 110 ansetzbar ist.

Die Einlaßkanäle 116, 117, 118 sind mit ihren jeweils um 90° zueinander versetzten Mündungsöffnungen 109, 128, 129 an den zylindrischen Einpaß 108 für Drehschieber 115 mit Abstand vor dem Laufrad-Eintritt 120 angelassen, wobei die Mündungsöffnungen 128, 129 der Einlaßkanäle 117, 118 einander diametral gegenüberliegen.

Bei Betrieb des Verdichters 111 mit einer Antriebsleistung für die sich entsprechend Massendurchsatz und Druckverhältnis ein Betriebspunkt im Verdichterkennfeld einstellt, der der Optimalauslegung nahekommt, befindet sich der Drehschieber 115 in der Betriebsausgangsposition (siehe Fig. 4). Die Stellung des Drehschiebers 115 ist dann so, daß die vom Verdichter-Laufrad 112 angesaugte Luft aus der Ansaugleitung 119 über den Einlaßkanal 116 in den Kanal 121 strömt und drallfrei in das Verdichter-Laufrad 112 eintritt.

Der Betrieb des Verdichters 111 mit verminderter Antriebsleistung bewirkt eine Verringerung des Massendurchsatzes und eine Verkleinerung des Druckverhältnisses. Der Betriebspunkt im Verdichterkennfeld verschiebt sich dabei in einen Bereich schlechteren Wirkungsgrades, niedriger Drehzahl und näher zur Grenze eines instabilen Förderverhaltens. In einem solchen Fall erfolgt eine Verstellung des Drehschiebers 115 so, daß bei der angegebenen Drehrichtung 134 die vom Verdichter-Laufrad 112 angesaugte Luft aus der Ansaugleitung 119 über Einlaßkanal 117 und Kanal 121 zum Laufrad-Eintritt 120 geleitet wird. Die Windungsrichtung der Spirale von Einlaßkanal 117 entspricht der Drehrichtung 134.

Die über die Mündungsöffnung 128 in den Kanal 121 gelangende Luftströmung erzeugt im Abschnitt vor dem Laufrad-Eintritt 120 eine Drallströmung mit einem der Drehrichtung 134 des Verdichter-Laufrades 112 entsprechenden Drehzinn 135. In dieser Stellung des Drehschiebers 115 wird ein sogenannter "Mitdrall" der Einlaßströmung erzeugt, der die gleiche Wirkung, wie für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 bis 3 beschrieben, hat.

Eine steigende Antriebsleistung bewirkt am Verdichter 111 einen erhöhten Massendurchsatz mit höherem Druckverhältnis. Im Verdichterkennfeld verschiebt sich der Betriebspunkt in einen Bereich schlechteren Wirkungsgrades und höherer Drehzahl. Hierbei kann die

für das Verdichter-Laufrad 112 zulässige Grenzdrehzahl erreicht oder überschritten werden, was betriebsgefährdend wäre. In diesem Fall wird der Drehschieber 115 in die Position gedreht, bei der die vom Verdichter-Laufrad 112 angesaugte Luft aus der Ansaugleitung 119 über den Einlaßkanal 118 und Kanal 121 zum Laufrad-Eintritt 120 geleitet wird.

Die Windungsrichtung der Spirale von Einlaßkanal 118 verläuft entgegen der Drehrichtung 134. Die über die Mündungsöffnungen 129 in den Kanal 121 austretende Luftströmung erzeugt im Abschnitt vor dem Laufrad-Eintritt 120 eine Drallströmung mit einem der Drehrichtung 134 des Verdichter-Laufrades 112 entgegengerichteten Drehsinn 136. Damit ergibt sich ein sogenannter "Gegendrall", der die gleiche Wirkung entfaltet, wie für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 bis 3 beschrieben.

Die Intensität von "Mitdrall" bzw. "Gegendrall" ist durch Zwischenstellungen des Drehschiebers 115, bei der die Mündungsöffnungen 128, 129 jeweils nur teilweise freigegeben sind, beeinflußbar.

Patentansprüche

1. Verdichter mit einer vor dem radial durchströmten Verdichter-Laufrad angeordneten verstellbaren Einlaß-Einrichtung zur Beeinflussung der Einlaßströmung, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einer Ansaugleitung (19, 119) und dem Laufrad-Eintritt (20) des Verdichters (11, 111) ein Einlaßkanalgehäuse (14, 114) mit drei unterschiedlich geformten Einlaßkanälen (16, 17, 18, 116, 117, 118) angeordnet ist, daß die Beaufschlagung der drei Einlaßkanäle (16, 17, 18, 116, 117, 118) durch einen Drehschieber (15, 115) steuerbar ist, daß der erste Einlaßkanal (16, 116) zwischen Ansaugleitung (19, 119) und Laufrad-Eintritt (20, 120) etwa in einer durch die Verdichter-Laufradachse gehenden Ebene verläuft, daß der zweite und dritte Einlaßkanal (17, 18, 117, 118) als Spirale mit in Strömungsrichtung abnehmendem Querschnitt ausgebildet sind und daß die Windungsrichtungen der Spiralen von zweitem und drittem Einlaßkanal (17, 18, 117, 118) entgegengesetzt gerichtet sind.
2. Verdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse des Drehschiebers (15) etwa koaxial zur Achse der Ansaugleitung (19) angeordnet ist.
3. Verdichter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehschieber (15) eine Zuströmöffnung (22) an einer Stirnfläche und eine Abströmöffnung (23) an der Mantelfläche aufweist.
4. Verdichter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehschieber (15) vor dem Einlaßöffnungen der Einlaßkanäle (16, 17, 18) angeordnet ist.
5. Verdichter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Mündungsöffnungen (28, 29) der spiralförmigen Einlaßkanäle (17, 18) durch einen koaxial zur Verdichter-Laufradachse verschiebbaren Ringschieber (30) steuerbar ist.
6. Verdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse des Drehschiebers (115) etwa koaxial zur Achse des Verdichter-Laufrades (112) angeordnet ist.
7. Verdichter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehschieber (115) eine Zuström-

öffnung (122) an der Mantelfläche und eine Abströmöffnung (123) an einer Stirnfläche aufweist.

8. Verdichter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehschieber (115) hinter den Mündungsöffnungen (109, 128, 129) der Einlaßkanäle (116, 117, 118) angeordnet ist.

9. Verdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der eine spiralförmige Einlaßkanal (17, 117) in seinem Querschnittsverlauf für einen kleineren Massendurchsatz ausgebildet ist, als der andere spiralförmige Einlaßkanal (18, 118).

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

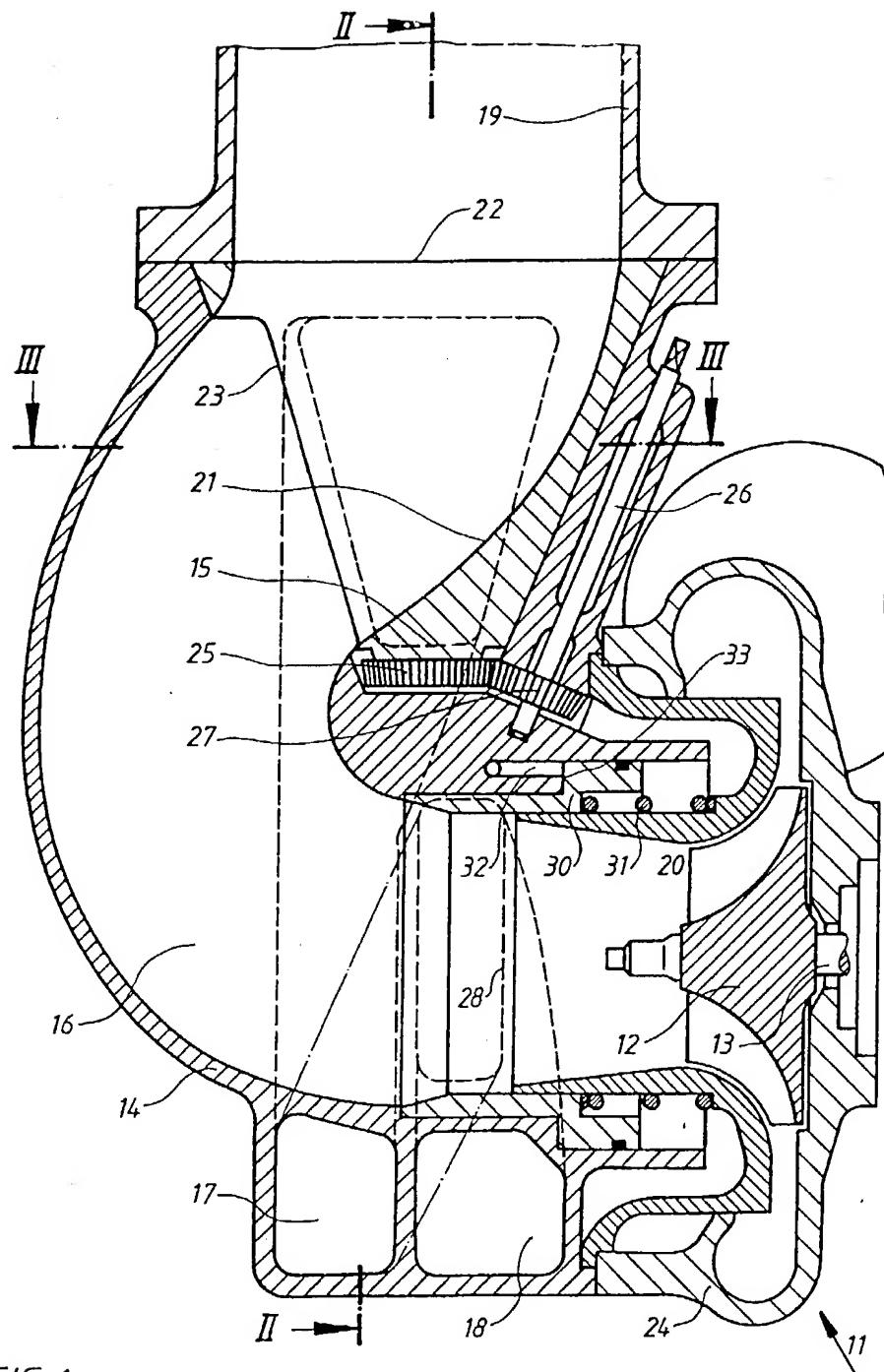
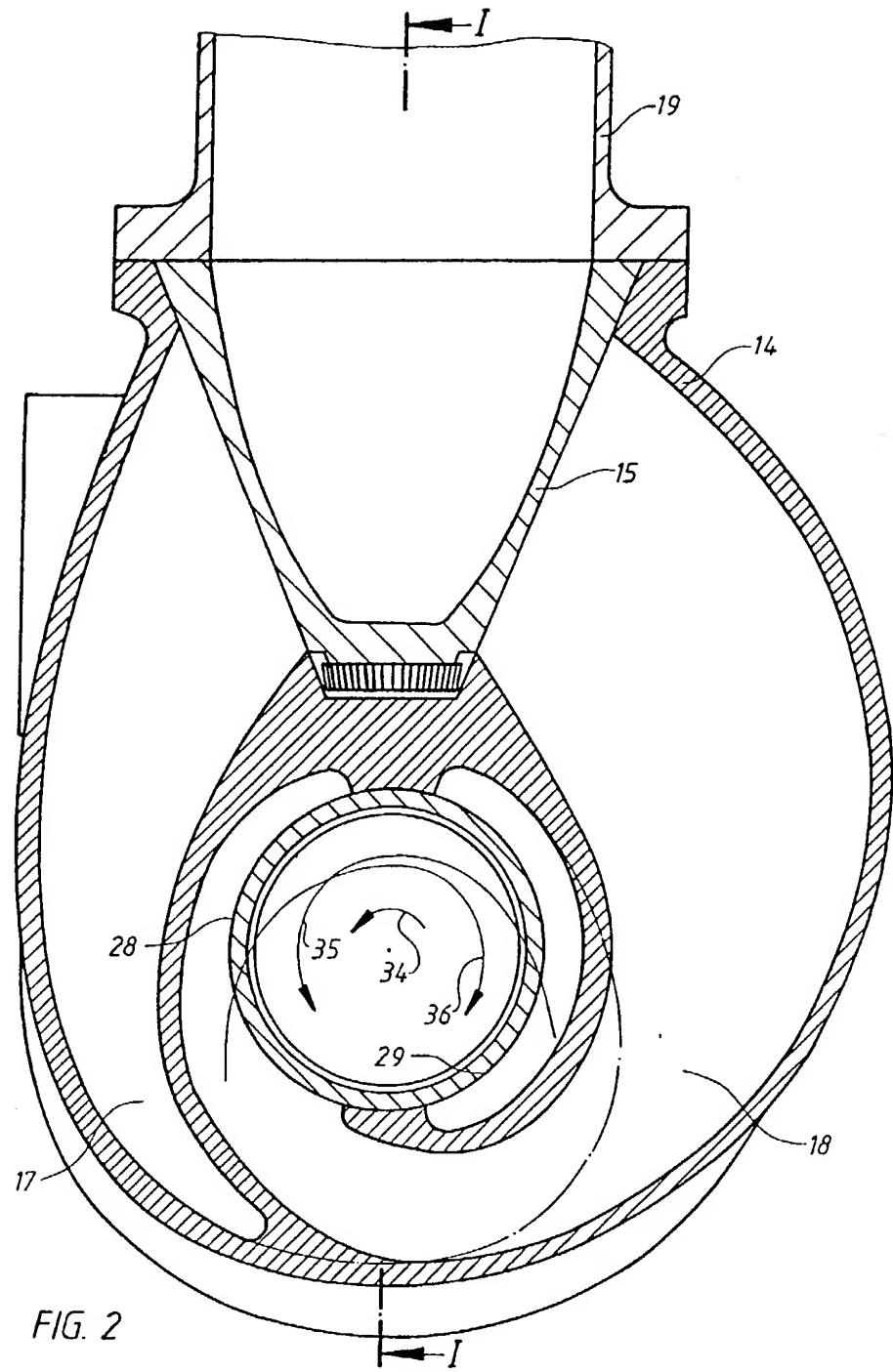


FIG. 1



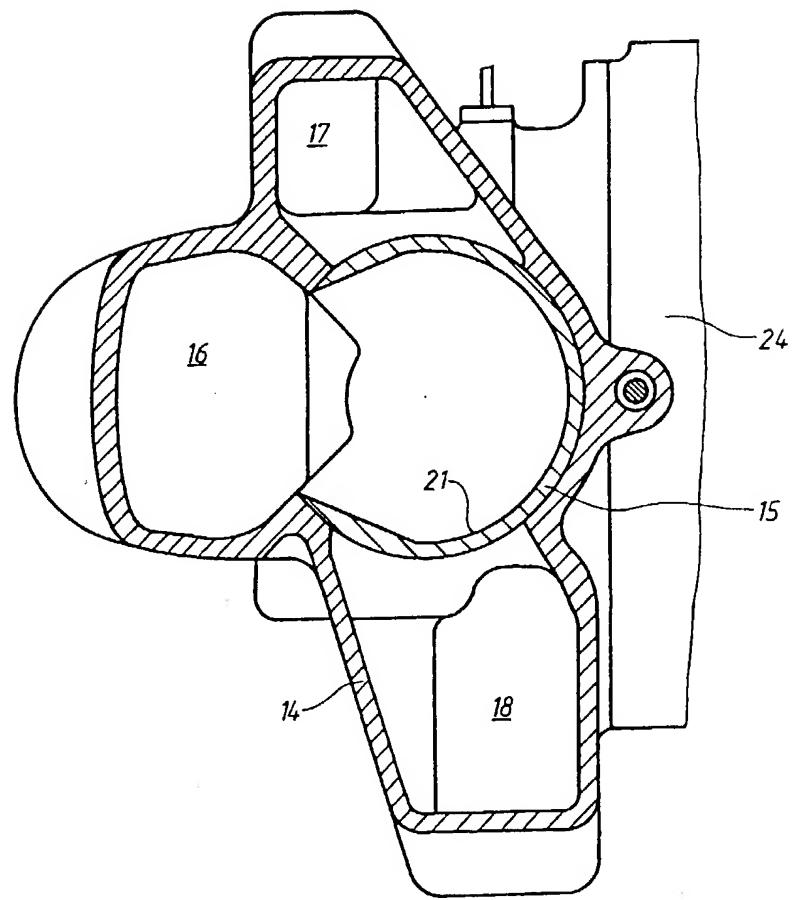
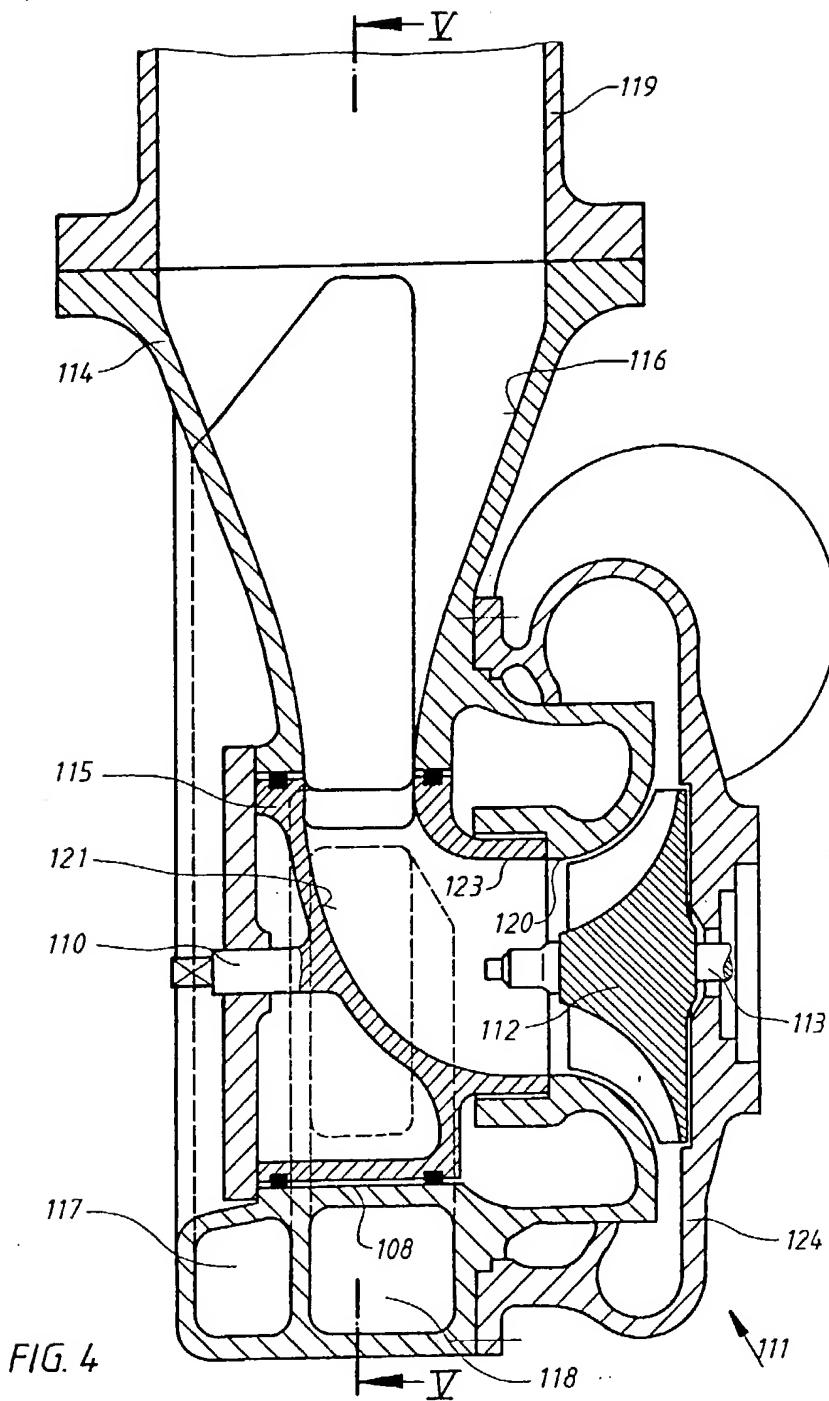
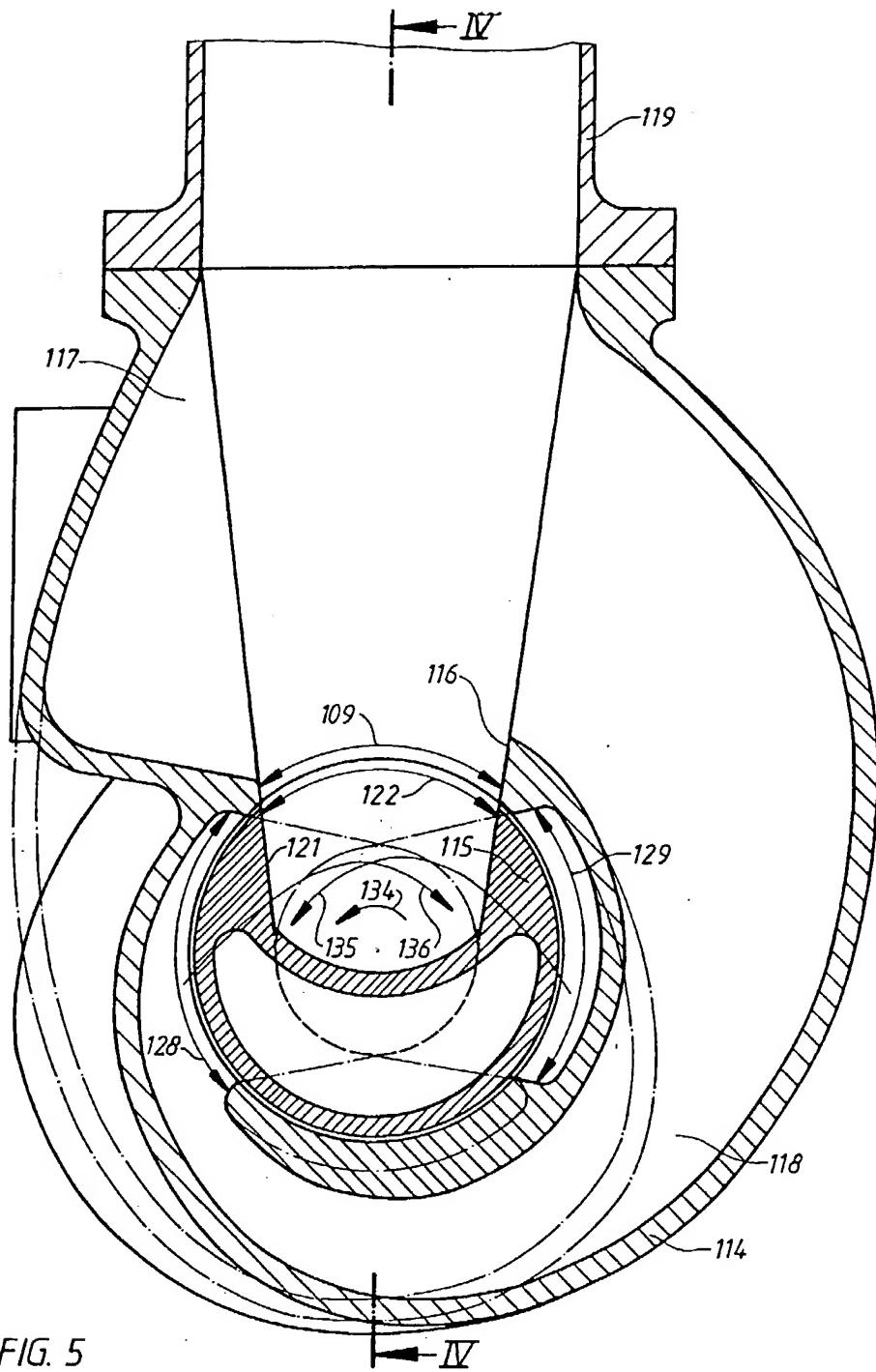


FIG. 3





PUB-NO: DE004003940C1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4003940 C1

TITLE: Radial-flow compressor with inlet flow control -
has

inlet passage housing with three differently shaped
passages between suction line and impeller

PUBN-DATE: October 18, 1990

ASSIGNEE-INFORMATION:

APPL-NO: DE04003940

APPL-DATE: February 9, 1990

PRIORITY-DATA: DE04003940A (February 9, 1990)

INT-CL (IPC): F03B003/18, F03D001/04 , F04D027/00 ,
F04D029/44

EUR-CL (EPC): F04D027/02 ; F04D029/46

US-CL-CURRENT: 415/205

ABSTRACT:

The compressor adjustable inlet flow control is fitted in front of a radial-flow impeller. An intake passage housing (14) between a suction line (19) and impeller entry (20) has three differently shaped intake passages (16-18) controllably acted on by a rotary slider (15). The first passage (16) extends between the intake line (19) and impeller entry in the impeller plane, the second and third passages (17,18) form spirals which taper in the flow sense and whose spiral turns are of opposed directions.

ADVANTAGE - Axially

compact, and improved effectiveness at different operational conditions.